

自動震源計算結果を用いた広帯域地震波形データの 自動ダイヤルアップシステム

著者	堀 貞喜
雑誌名	防災科学技術研究所 研究報告
巻	54
ページ	93-109
発行年	1995-01
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00001062

自動震源計算結果を用いた広帯域地震波形データの 自動ダイヤルアップシステム

堀 貞喜*

Automatic Dial-up System for Broadband Seismic Data by Using the Result of Automatic Hypocenter Determination

By

Sadaki HORI*

**National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*

Abstract

A fully automatic data acquisition system is developed for broadband seismic observation. This system enables us to dialup waveform data automatically from the recording processor installed at each observation station. To determine a time window of the waveform data to be transmitted, this system utilizes hypocentral parameters obtained by the Analyzing System for Precursors of Earthquakes (APE). First, APE sends a result of the automatic earthquake analysis process to a UNIX workstation via serial port (RS232C). This transmission process triggers a series of processes working on the workstation. In the workstation, the first process sends an E-mail containing the earthquake information to an account on another workstation if the hypocentral parameters satisfy a certain condition. When receiving the E-mail, the second process calculates a time window of the waveform data and creates input files for the programs for the data transmission and conversion based on the hypocentral parameters. By describing in the "crontab", the third process to dialup the waveform data starts at a constant interval. In this process, the data transmission is carried out by "kermit" through a telephone line and the data format of seismograms transmitted is converted to "SAC" binary type. Finally the converted data files are moved under a given directory prepared for the data storage.

The E-mail of hypocentral parameters is also sent to the mail address of another account. Describing the mail addresses in the .forward file of this account, the E-mail can be distributed to other users. Because the workstation which sends the E-mail is connected to the internet, the E-mail including the earthquake information can now be sent to other institutes or universities immediately. Such a quick distribution of the earthquake information is very useful not only to seismologists but also to public.

キーワード：広帯域地震観測 (broadband seismic observation), データ収集システム (data acquisition system), 電子メール (electronic mail)

1. はじめに

近年の地震学における様々な解析手法の進展は、その基本的なデータである地震波形記録に対し、より多くの情報量を求めるようになってきた。そうした中で、1976 年にスイスの Streckeisen 社によって開発されたフィードバック型の広帯域地震計 (Wiandlt and Streckeisen, 1982) は、従来の地震計と比較すると周波数帯域やダイナミックレンジが広く、そのパフォーマンスの高さが、多くの地震学者の支持を得るようになってきた。実際、フランスの GEOSCOPE 計画の中で標準的な地震計として採用されたのをはじめ (Romanowicz et al., 1984; Roult and Romanowicz, 1984), アメリカの IRIS 計画・TERRAscope 計画等、世界中の新しい地震観測網で広く採用されている。広帯域地震計のグローバルな観測網から得られるデータは、例えばセントロイド・モーメントテンソルのインバージョンに用いられているが (Dziewonski et al., 1981), その解析は既に「定常処理」として行われるようになってきている。

日本国内でも、国立大学をはじめとする各研究機関が、この Streckeisen 社の広帯域地震計を数多く導入し始めており、現在では極めて密度の高い広帯域地震計のローカル観測網が構築されている。防災科学技術研究所 (以下「防災科研」と略す) でも、「関東・東海地域の地殻活動に関する研究 (昭和 53 年度～)」等において、1988 年以来、広帯域地震計の設置を進めている (1994 年 3 月末現在、中伊豆・館山・菅野・清水・銚子の 5 観測点に設置)。国内における広帯域地震観測網の整備に伴い、高品質の地震波形データを用いた研究も精力的に行われるようになってきた (例えば, Ishida and Kikuchi, 1992; Kato and Hirahara, 1992; Tada et al., 1993; Hori et al., 1993; Kuge, 1994)。

広帯域地震計のローカル観測網の有用性が広く認知されるにつれて、各研究機関が所有する広帯域地震観測施設から得られるデータの相互利用が研究を進める上で重要な課題となっている。日本の場合、各研究機関がそれぞれ独自に広帯域地震計の設置を進めているため、統一されたデータ収集方式が存在せず、データの相互利用はそれほど容易ではない。最近になって各研究機関の計算機システムがインターネットを介して相互に接続されるようになってきたため、データの「物理的」流通に関する問題に限れば解消されつつあると言える。残された技術的課題は、各研究機関がいかに各自の所有する観測点のデータを効率よく収集し、利用しやすい形で保存するか、と言うことであろう。防災科研のデータ収集方式も様々な変遷を経てきたが、1992 年からハードウェアの更新を行い、1993 年にはソフトウェアの開発も行い、1994 年からデータ収集のための新システムの運用を開始した。本論文では、今回導入したシステムにおけるデータ収集方法の詳細について報告する。

2. データ収集システム

Streckeisen 社の広帯域地震計は、140 dB という大きなダイナミックレンジをもっている

ため、その性能を最大限に活かすには、24 ビット程度の AD 変換を行うデジタルデータ収録装置を用いることが望ましいと考えられている。従って、この地震計を所有する多くの研究機関では、微小地震観測用の地震計を想定した既存のテレメータシステムにそのまま広帯域地震計の出力を接続するのではなく、広帯域地震計専用のデータ収集システムを導入している（例えば山田他，1989；鷹野他，1989）。防災科研の場合、最初の広帯域地震観測施設である中伊豆観測点では、Teledyne 社製のデータ収集装置 PDAS-100 が導入された（岡田・石田，1993）。この収集装置は観測点からの自動ダイヤルアウトによるデータ転送機能を有しており、その AD 変換部ではオーバーサンプリングを適用することにより、実質的な分解能を高めている。ただ、通信ソフトが比較的脆弱に構築されていたため、導入当時は何度もトラブルにみまわれてきた。第2、第3の広帯域地震観測施設である館山と菅野の観測点では、Streckeisen 社の広帯域地震計専用開発された Quanterra 社の 24 ビット AD 変換器 CRSX/Q 52 K を用いて、その出力をそのまま現地で連続収録するというデータ収集方式が採用された（堀，1990）。この方式は、観測点に設置したパソコンと、大容量媒体である 8 mm カートリッジテープを用いて、20 Hz サンプリングのデータを連続収集するもので、トリガー判定やデータ転送等の複雑さからは解放されているが、地震発生直後のデータ解析ができないため、即応性を欠くと言う問題があった。

そこで、1992 年 6 月から、上記 3 観測点のデータ収集装置を、既に米国の IRIS 計画や TERRAScope 計画等で実績のある、Quanterra 社のデータ収集装置、VSP 30 及び、Q 380 (Q 680) に置き換えるとともに、清水観測点と銚子観測点には、最初からこの装置を導入することにより、広帯域地震波形収集システムを統一した（国内でもこの収集装置は普及しつつあり、防災科研以外でも、気象庁や横浜市立大学で導入されている）。この収集装置では、Quanterra 社が開発したデータ収集用のソフトウェア SHEAR が動作している。このソフトウェアは、基本サンプリング (20 Hz 又は 80 Hz) のデータとそこから作られる低サンプリングレート (1 Hz, 0.1 Hz, 及び 0.01 Hz) のデータを大容量ディスク上に連続で蓄えると共に、現地でトリガーをかけてイベントデータも収集するようになっている。こうして現地に蓄えられたデータに対しては、必要に応じて随時研究所から観測点に電話をかけることにより、ほぼリアルタイムでアクセス（ダイヤルアップ）することが可能である。オペレーティングシステムとして採用されている OS 9 はマルチタスクを実現しているので、データ転送時に、何らかのトラブルで観測点との通信に障害が発生しても、データ収集処理には支障を与えることはない（この場合、データ転送処理は、一定時間転送要求を出した側からの応答がないと自動的に終了する）。

この収集装置の問題点は、現地プロセッサのディスク容量の制約から、高サンプリングレートの連続データの場合、長期間のデータを保存できないことである。連続データのバッファサイズは 20 Hz サンプリングデータの場合、通常数日分しかなく、地震発生後しばらく観測

点にアクセスしないでいると、そのデータは上書きされてなくなってしまう。手動でダイアルアップする場合、観測点数が多くなってくると、研究者の負荷はかなり大きなものになってくる。ましてデータ解析を定常処理のレベルで行おうとすると、これは重大な障害となる。こうした問題を解消する最も有効な手段は、例えば観測点と研究所の間を専用回線で結んで、高サンプリングデータを「たれ流し」で送り、研究所側の計算機を用いてデータを収集することである。こうすれば、観測点と比べて格段に良い環境に大容量ディスクを設置でき、データのバックアップも容易に行える。ただ、こうしたテレメータ化は、導入・維持のためのコストが高く、全観測点での導入は未だ現実的とは言えないであろう。より簡便な方法としては、連続データを全て転送するのではなく、地震の発生時刻に対応した適当な時間窓の部分を連続データバッファから切り出して、地震発生後短時間の後に転送処理を自動的に行うことが考えられる。このためには、ある程度正確な発震時刻の情報と、計算機に的確なタイミングでデータ転送処理を自動的に起動することが必要となる。防災科研では、関東・東海地域の微小地震観測網のデータを用いて、震源決定等の処理を自動で行っている（堀・松村，1989）が、今回導入したシステムは、その自動処理結果を利用して広帯域地震波形記録の自動ダイアルアップを行うと言うものである。以下でその詳細について述べる。

2.1 システムのハードウェア構成と処理の概要

図 1 は、自動ダイアルアップシステムを構成するハードウェアを示したものである。このシステムで行われる処理には以下のものがある。

- ① 自動処理結果の転送。
- ② 自動処理データファイルの作成。
- ③ 電子メールの発送。
- ④ 自動ダイアルアップ。

前述したように、防災科研の関東・東海地殻活動観測網からテレメータで転送されたデータは、「地震前兆解析システム」（松村ら，1988）を構成する 3 台の計算機の内の 1 つ（図中、MC で表したミニコン）で自動解析される（堀・松村，1988）。この自動解析では、震源パラメータや発震機構解等の自動決定が行われるが、①ではそのパラメータをテキストファイルの形で、ワークステーション（図中、WS 1 で表したマシン）に、シリアルポートから RS-232 C を介して転送する。この処理は、MC での自動解析処理が終了後直ちに起動される。

②と③は、シリアルポートからの割り込みで起動される WS 1 上の処理である。まず、MC から転送されたファイルから必要な情報を取り出し、ディスク上のファイルに追加する。このファイルは ASCII テキストで書かれているので、一般ユーザが必要に応じて中身を覗くこともできる（覗くための簡単なユーティリティも用意されている）。WS 1 は研究所内の LAN を通じてインターネットに接続されているので、自動処理結果の一部をインターネットに接続された他機関の計算機から知ることが可能である。次に MC から転送されてきた地震情報

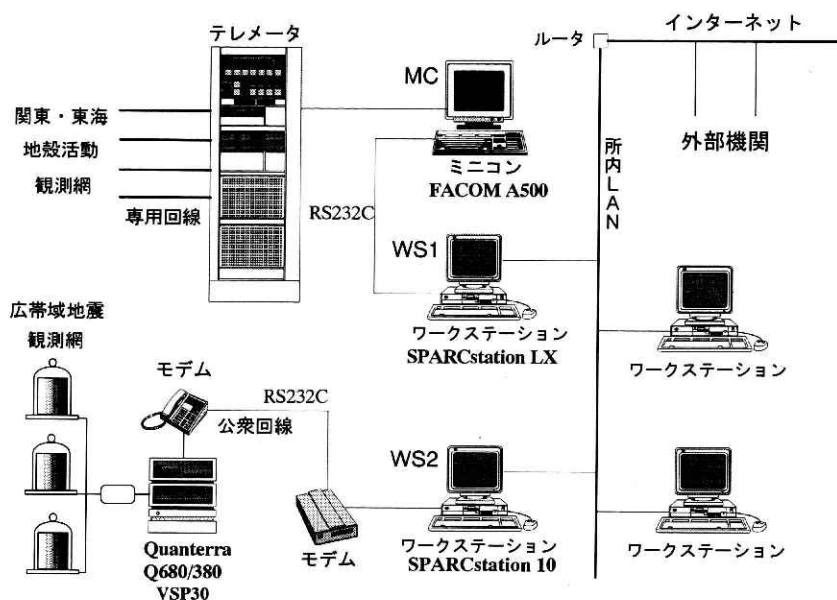


図1 広帯域地震波形記録自動ダイヤルアップシステムのハードウェア構成図。

Fig.1 Block diagram of the automatic dialup system for broadband seismic observation.

の内、一定の基準を満足するものについては、その情報を含む電文を作成し、電子メールで別のワークステーション(図中、WS2で表したマシン)上のアカウントに配送する。電子メールを送送するための基準は、WS1上のディスク中にASCIIテキストで書かれたパラメータファイルに記述してあるが、現在のところ、北緯33.7°~37.3°、東経136.7°~141.7°、深さ200km以浅、マグニチュード3.0以上に設定してある。これらの条件はパラメータファイルを編集することにより容易に変更が可能である。後述するようにこの電子メールはインターネットを通じて外部にも配送されるので、ネットワーク上のトラフィックを軽減する目的で、電子メールを送送する地震に制限を設けてある。図2は発震機構解が求められた場合の電子メールの例である。電文の先頭には、外部のユーザを考慮し、図に示したように「注意書き」を付けてある。震源の位置については、緯度・経度・深さだけでなく、気象庁の定義に準拠して、震央位置のリージョン名も付与してある。発震機構解についても、より視覚的に表現するために、震源球上の押し引き分布を下半球投影した「ビーチボールダイアグラム」も加えてある。

④は、WS1とは別のワークステーションWS2上で行われる処理で、以下でその詳細なロジックについて説明する。

Return-Path: niedhyp@canopus.geo.bosai.go.jp
 Received: by virgo (5.67+1.6W/TISN-1.3L/R2/NIED)
 id AA26190; Wed, 29 Jun 94 11:32:29 JST
 Received: by canopus.geo.bosai.go.jp (5.67+1.6W/TISN-1.3L/R2/NIED)
 id AA25659; Wed, 29 Jun 94 11:32:28 JST
 Date: Wed, 29 Jun 94 11:32:28 JST
 From: APE-NIED Mail Sender <niedhyp@canopus.geo.bosai.go.jp>
 Message-Id: <9406290232.AA25659@canopus.geo.bosai.go.jp>
 To: ahypo@canopus.geo.bosai.go.jp
 Subject: ## Earthquake Information ##

 * The following is from NIED (National Research Institute for *
 * Earth Science and Disaster Prevention, Science and Technology *
 * Agency of Japan). The hypocentral parameters listed below *
 * are automatically determined by the APE-SYSTEM of NIED and *
 * not checked by manual inspection. *
 * Please keep in your mind that the result might contain large *
 * uncertainty in some case. *

* If you have any question, please contact to: *
 * sadaki@geo.bosai.go.jp *

EARTHQUAKE INFORMATION FROM NIED
 1994/06/29 11:01:59.66 34.961N 139.866E 51.5KM M 4.7
 REGION NAME : SOUTHERN BOSO PENINSULA
 NUMBER OF DATA USED IN CALCULATION :
 NST 087 ; NP 083 ; NS 054
 FOCAL MECHANISM SOLUTION :
 P-AXIS AZM= 139.6 , PLG= 74.0
 T-AXIS AZM= 49.2 , PLG= 88.8

```

-----#####
-----#####
-----#####
-----##### T
-----##### #
-----#####
-----#####
-----#####
-----#####
#####-----#####
#####-----##
#####-----
#####-----
#####-----
#####-----
#####-----
#####----- P --
#####-----
#####-----
#####-----

```

図2 電子メールの例。NST, NP, NS はそれぞれ震源計算に用いられた観測点, P 波初動時刻, S 波初動時刻のデータ数を表す。また, 発震機構解図中の, P と T はそれぞれ P 軸, T 軸を表す。

Fig. 2 An example of E-mail containing earthquake information. NST, NP and NS indicate the numbers of stations, P arrival times, and S arrival times, respectively. P and T in the focal mechanism diagram denote P and T axes, respectively.

2.2 自動ダイアルアップ

観測点のプロセッサと、ダイアルアップを行う研究所の計算機との間は、モデムを用いて公衆回線で接続されている。両者の通信は、kermit と呼ばれるソフトウェアを用いて行うことにした。Quanterra 社のプロセッサが kermit のプロトコルをサポートしているため、圧縮されたバイナリデータを転送することができる。図 3 及び図 4 は、ダイアルアップ処理のアルゴリズムを示したものである。まず、電子メールを受け取ると、以下に述べる 2 つのプロセスが順次起動される。具体的には、電子メールを受信するアカウントの .forward というファイルに、

“| (プロセス 1) ; (プロセス 2)” (a)

と記述する (“|” は「パイプ」と呼ばれるもので、プロセス間で標準入出力の受け渡しを行う) ことにより、電子メールの内容を標準入力とするプロセス 1 に引き続き、プロセス 2 が起動されることになる。それぞれのプロセスは、シェルスクリプトで実行される。まず、最初のプロセスでは、受け取った電子メールが、前述した処理によるものかどうかを、特定のキーワード（現在はメールのサブジェクト “## Earthquake Information ##”）の存否で判断する。キーワードが存在しない場合は何もせずに終了する。存在する場合はその内容から震源パラメータを抽出し、ダイアルアップするかどうかの判定をする。具体的には WS 1 で電子メールを送信するために設けた条件をさらに厳しくし、誤って震源決定された地震についてはダイアルアップしないようにしてある。この条件を満たすものについては、地震情報を基に、プロセッサの連続データバッファから切り出すべき時間窓を計算し、それを特定のファイルに格納する。この時間窓 $[t_1, t_2]$ は、次の式で計算される。

$$t_1 = t_0 + (d_0/v_0) - t_c \quad (1)$$

$$t_2 = t_1 + \Delta t \quad (2)$$

ただし、 t_0 は発震時刻、 d_0 は各観測点の震源距離 (km) の内の最小値である。また、 t_c と v_0 はそれぞれ 60 秒と 5 km/s に設定してある。時間窓の幅 Δt は地震のマグニチュード M を用いて、

$$\Delta t = t_{\min} + (t_{\max} - t_{\min}) \cdot (M - M_{\min}) / (M_{\max} - M_{\min}) \quad (3)$$

で決められる。ただし、 t_{\min} は 300 秒、 t_{\max} はデータ転送の制約を考慮して 500 秒に設定してある。また、 M_{\min} と M_{\max} の値はそれぞれ 3.0 と 5.0 とした。

次のプロセスは、プロセス 1 が作成した時間窓ファイルを、ダイアルアップ処理のためにスタックするものである。具体的にはスタックのためのディレクトリを用意しておき、時間窓ファイルをそのディレクトリの中の、vbb. nn という名前のファイルに move する。nn の

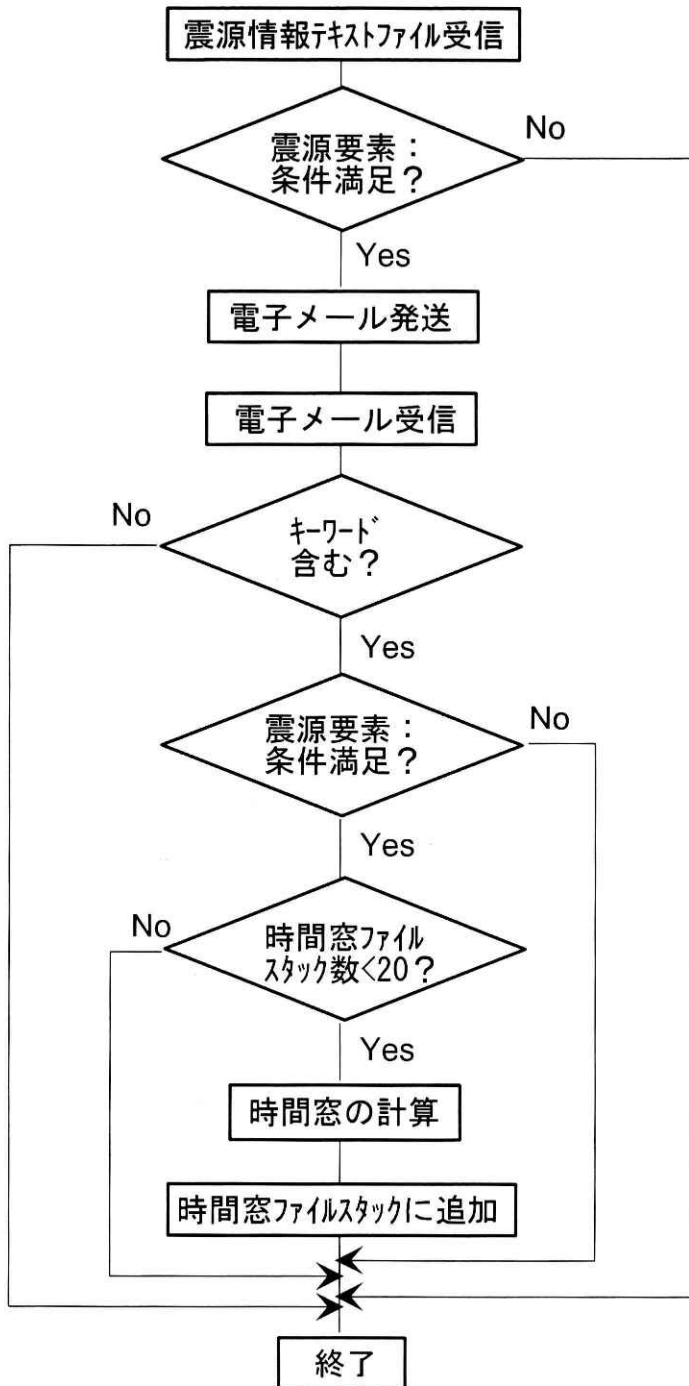


図3 自動ダイヤルアッププロセスのアルゴリズム (その1)。

Fig. 3 Algorithm of the automatic dialup process (part I).

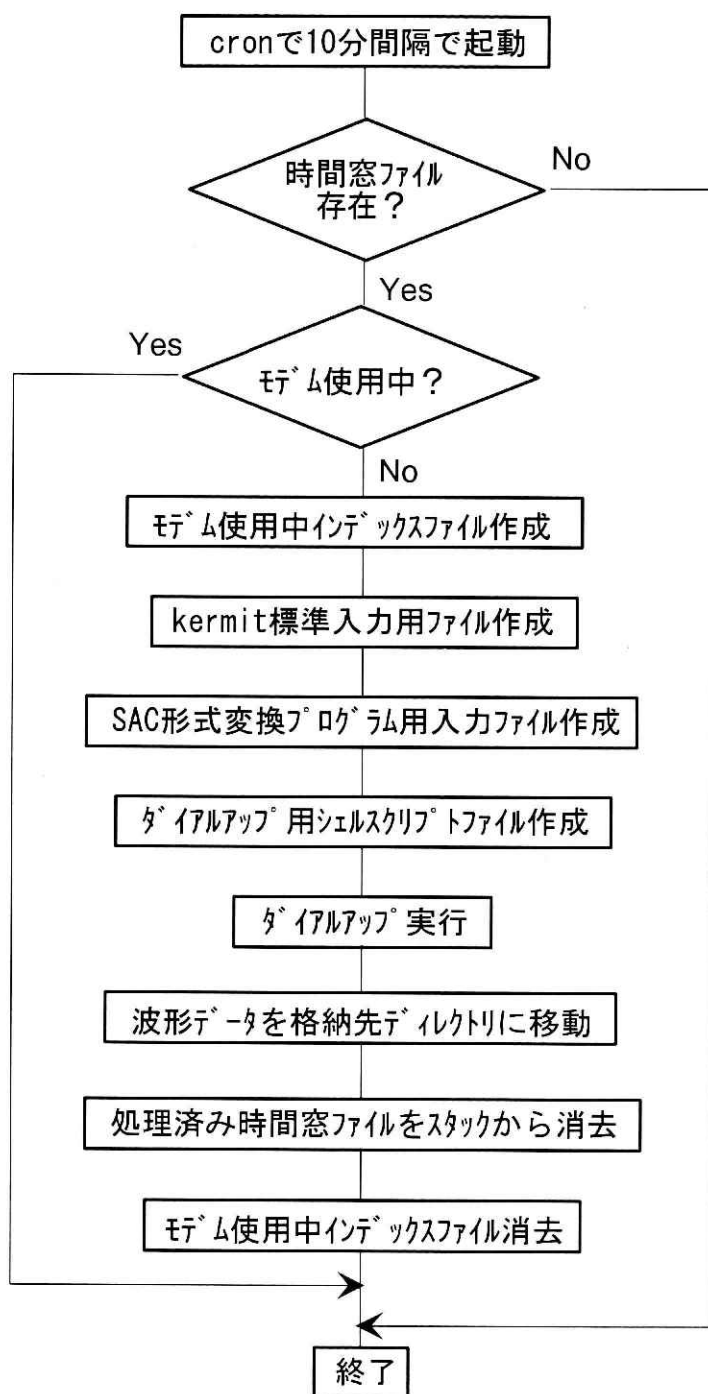


図4 自動ダイアルアッププロセスのアルゴリズム (その2)。

Fig. 4 Algorithm of the automatic dialup process (part II).

部分はスタックの順番を表す拡張子で、00～19 までの値をとるようにした。既に 20 個の時間窓がスタックに溜まっている時（つまり vbb. 19 が存在する場合）は、プロセス 1 で作成された時間窓ファイルは単に消去される。勿論、ここで設定したスタックに蓄える最大数 20 は任意であり、処理できる能力によって変更が可能である。ここまでは、電子メールを受信したときに起動されるプロセスであるが、ダイアルアップ処理の起動タイミングは、電子メールの受信とは無関係に定時起動とした。そのロジックを図 4 に示す。定時起動は crontab に、

mm * * * * (プロセス 3) (b)

と書き込むことにより実現される。この場合、毎時 mm 分にプロセス 3 が起動される。実際は mm として、05, 15, 25, 35, 45, 及び 55 を記述し、10 分間隔でプロセス 3 を起動するようにした。プロセス 3 もシェルスクリプトで実行される。まず、スタックのためのディレクトリに vbb. 00 というファイルの存否を調べる。そのファイルが存在しない場合、何もせずに処理を終了する。次に、現在他のダイアルアッププロセスが実行中であるかどうかを調べる。具体的には、プロセスが実行中の時だけ存在するファイルの存否を調べ、そのファイルが存在する時は、このまま処理を終了する。このファイルが存在しない場合、自分自身が実行中であることを示すためのファイルを作成する。こうすることにより、他のダイアルアッププロセスとの排他制御を行う。vbb. 00 というファイルが存在する時は、まず、そのファイルを vbb というファイルに move してから、そのファイルの内容、つまり連続データバッファから切り出すべき時間窓の情報を基に、kermit の標準入力と、kermit で転送されたバイナリファイルをデコードして SAC 形式に変換するプログラムのための標準入力ファイルを作成し、それらを実行するシェルスクリプトファイルを作成する。このスクリプトで実行される処理のアルゴリズムを図 5 に示す。このスクリプトではまず kermit が実行される。kermit の標準入力では、リモートホストである、Quanterra 社のプロセッサに送るコマンドを、

input t_i {(応答)} (c)

output {コマンド\13} (d)

のペアの形で記述し（ただし、\13 は改行コードである）、t_i で示された時間の間に、想定した応答があればリモートホストにコマンドを送り、ない場合はコネクションを切断するように設定してある。応答を待つ時間 t_i は、データ転送要求の後には 600 秒、その他は 60 秒に設定してある）。これによって、観測点と研究所の間の回線の障害に対応できる。kermit で転送された地震波形ファイルが生成されると、それをデコードして SAC 形式に変換するプログラムが起動される。何らかの原因で、kermit で不完全なデータが転送された場合、このプログラムは SAC 形式のファイルを生成せずに終了する。この処理の次の段階で SAC 形式のファイルの存否がテストされる。存在しない場合、即ち、データ転送が不完全だった場合は 60 秒

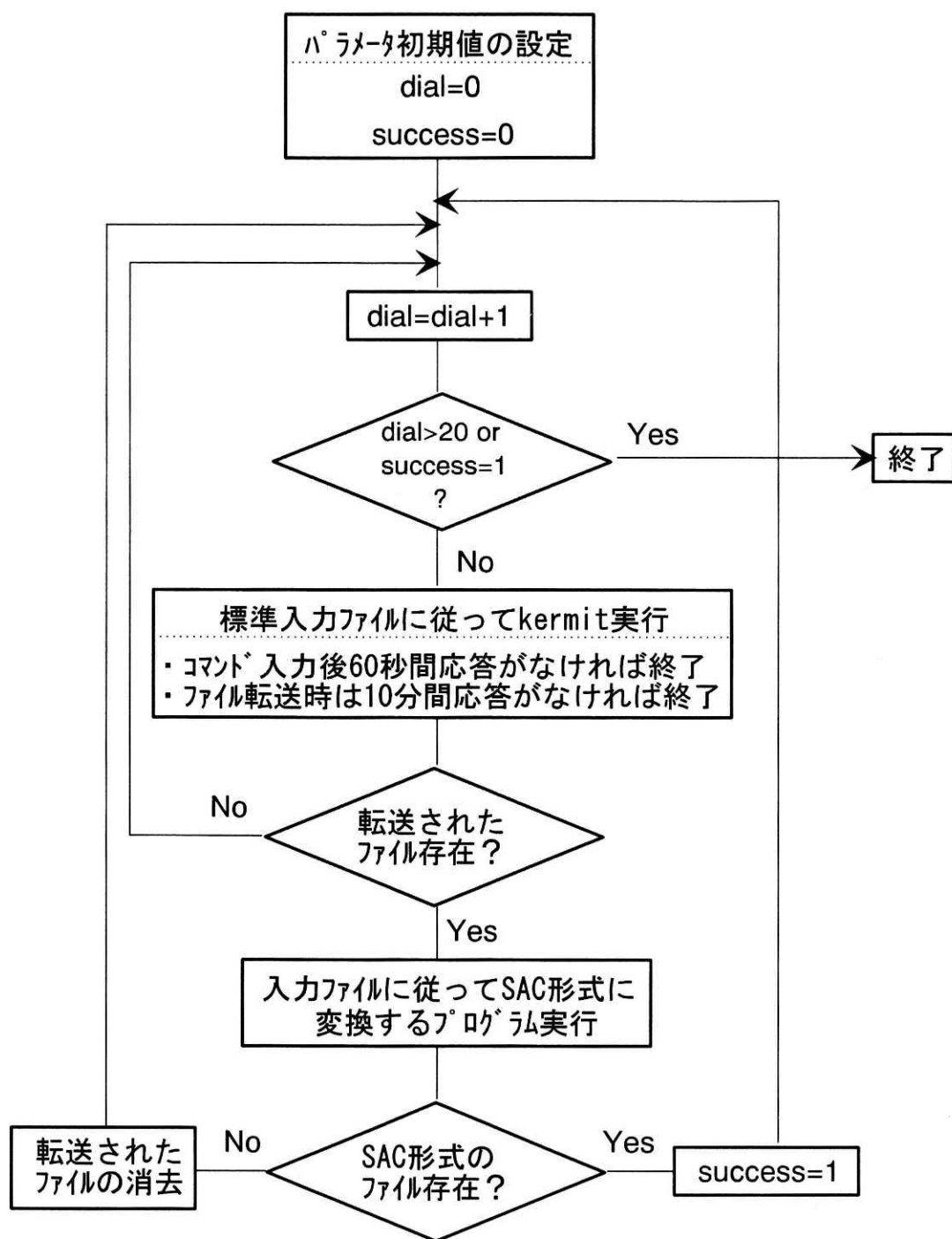


図5 自動ダイヤルアッププロセスのアルゴリズム (その3)。

Fig. 5 Algorithm of the automatic dialup process (part III).

間休止した後、もう一度 kermi から実行することにした。ただし、無限ループに陥るのを避けるため、再試行は 20 回までに設定してある（勿論この再試行回数もシェルスクリプトの中で任意に設定できるようにしてある）。SAC 形式のファイルが存在する場合、それをあらかじめ指定した格納先のディレクトリに移動する。ここまでの処理が終了すると（たとえ再試行回数の制限で中断した場合でも）、vbb というファイルを消去し（スタックから消去し）、もし vbb.01 等が存在するなら、それを vbb.00 等にリネームし、スタックを 1 つずつカウントダウンする。最後に、プロセスが実行中であることを示すファイルを消去して、ダイアルアップ処理を終了する。

3. 自動処理結果の電子メールによる配送

今回作成したシステムでは、ワークステーション上で地震前兆解析システムが行った自動処理結果を受信して、それを電子メールにして配送するアカウントと電子メールを受信してダイアルアップ処理を行うアカウントの間に、両者を仲介するアカウントを用意した。具体的には電子メールを WS 1 上のアカウント niedhyp @ canopus から、一旦同じ WS 1 上の別のアカウント ahypo @ canopus に送ることにした。そして、このアカウントの .forward というファイルにダイアルアップ処理を行うマシンである WS 2 上のアカウントのメールアドレス namazu @ virgo. geo. bosai. go. jp を記述することにした。ahypo @ canopus の .forward には、複数のメールアドレスを書き込むことが可能であるため、自動処理結果をダイアルアップするためのアカウント以外にも電子メールで配送することができる。WS 1 は研究所内のネットワーク (LAN) を通じてインターネットにも接続されているので、この電子メールは日本国内だけでなく、海外にも配送することができる。今回、自動ダイアルアップシステムの導入を契機に、自動地震解析結果の電子メール配送サービスも開始することにした。

防災科研の自動処理結果は、少なくとも関東・東海地域の地震に関しては、信頼性がかなり高いと言える（松村・堀，1992）。また、地震前兆解析システムのハードウェア自体も、昭和 60 年度の導入時から平成 2 年度にバージョンアップされて処理能力も向上し、収録処理に時間のかかる比較的規模の大きな地震の場合でも、地震発生から 10～20 分後には震源が決定されるようになった。こうした迅速かつ信頼性の高い情報に対する研究所外部からの要望は強く、平成 6 年 6 月現在、大学や国立研究所だけでなく、民間企業を含む約 40 機関にメールの配送を行っている。

4. 議論と結論

図 6 に、自動で収集された中伊豆観測点の波形記録を示す。図から分かるように、切り出された時間窓の中に地震波形のシグナルが十分入っており、(1)～(3)で定義された時間窓が適切に設定されていることを示している。今回導入した、自動ダイアルアップシステムは、関

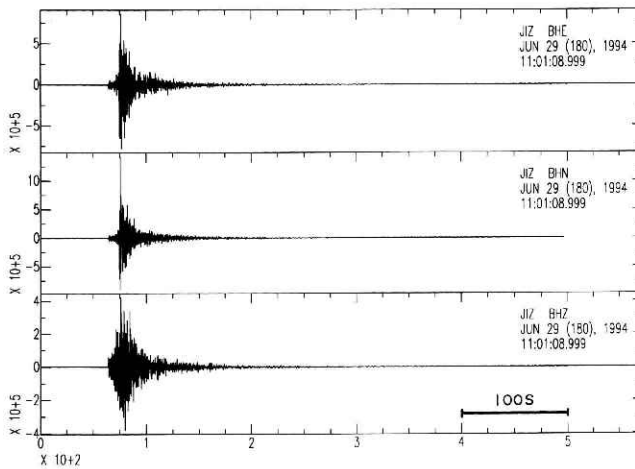


図 6 1994年6月29日11時1分に房総半島南部で発生した地震 (M5.1) の自動ダイヤルアップされた中伊豆観測点の広帯域地震波形記録。上から東西, 南北, 及び上下動成分を示す。振幅スケールはそれぞれの最大値で正規化してある。

Fig. 6 Dialupped broadband seismogram of the M5.1 event occurring in the south of Boso peninsula on June 29, 1994, recorded at the Nakaizu station (JIZ). EW, NS and UD components are shown from top to bottom.

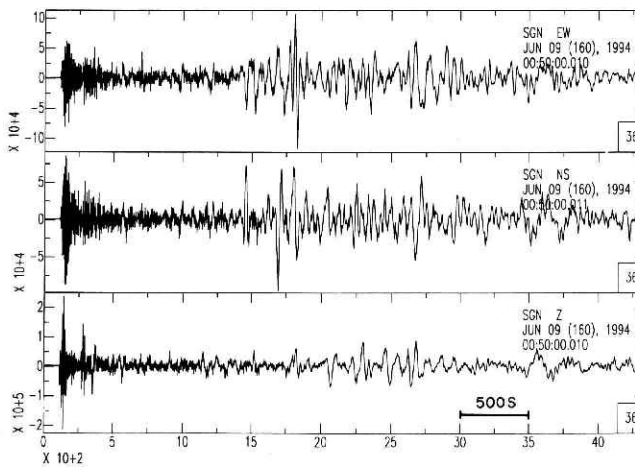


図 7 菅野観測点における, 1994年6月9日0時33分 (GMT) にボリビア北部で発生した深発巨大地震 (Mw8.2) の広帯域地震波形記録。

Fig. 7 Broadband seismogram of the deep great earthquake (Mw8.2) occurring in northern Bolivia on June 9, 1994, recorded at the Sugeno station (SGN). EW, NS and UD components are shown from top to bottom.

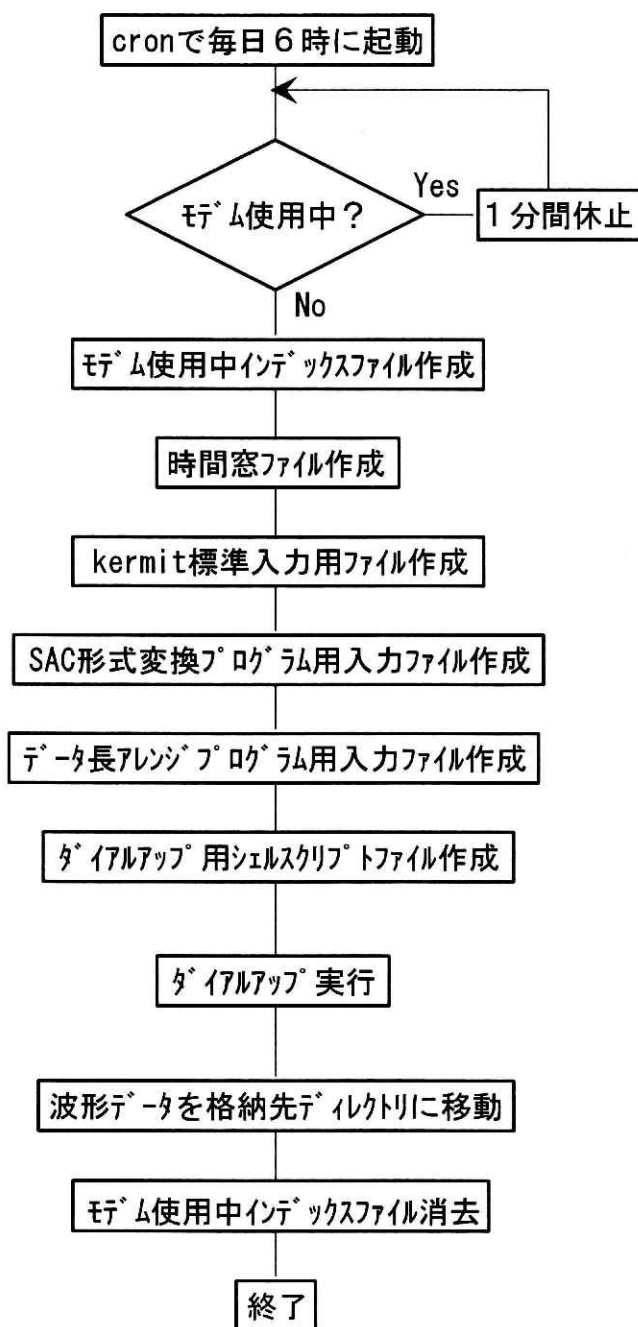


図 8 0.1Hz サンプリング連続データ自動ダイヤルアッププロセスのアルゴリズム。

Fig. 8 Algorithm of the automatic dialup process for 0.1 Hz sampling continuous data.

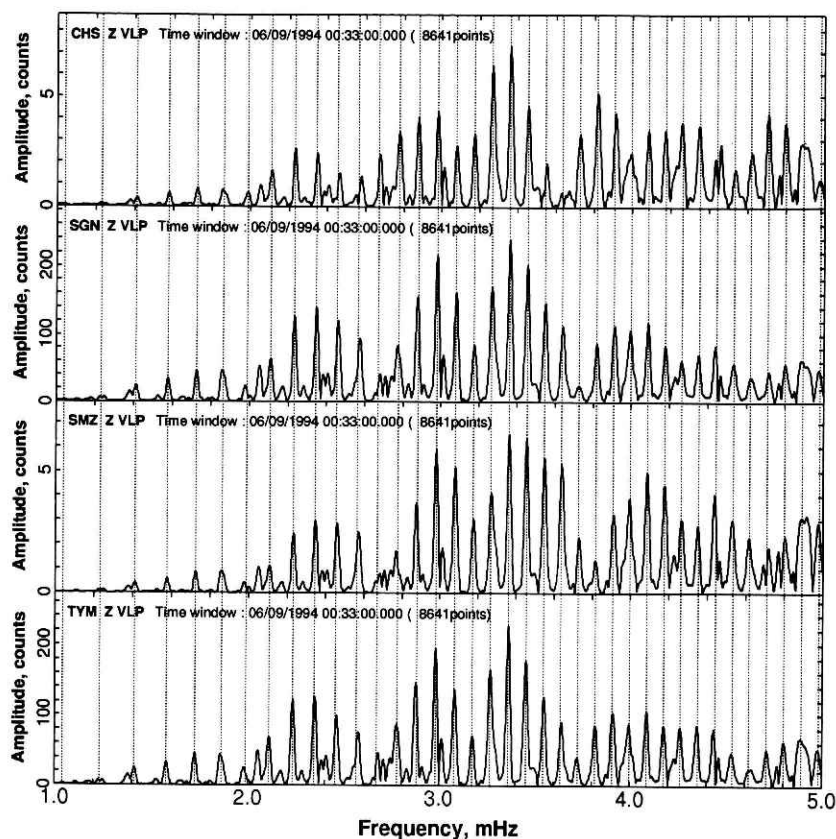


図9 図7と同じ地震の1日分の波形記録(上下動成分)のフーリエスペクトル図。横軸は周波数で1～5 mHzの範囲を示す。上から菅野観測点、館山観測点、清水観測点、及び、銚子観測点のスペクトル図を表す。PREMによる地球自由振動基本モード($l=6\sim43$)の理論周波数を点線で示す。

Fig. 9 Fourier spectra of the seismogram shown in Fig. 7. CHS, SGN, SMZ, and TYM represents the Choshi, Sugeno, Shimizu, and Tateyama stations, respectively. Data length used in calculation is 1 day. Theoretical frequencies of the fundamental spheroidal modes of the earth's free oscillations from PREM are indicated by dotted lines.

東・東海微小地震観測網の処理結果を用いているため、この観測網の外で発生した地震の波形データは自動で収集されない。広帯域地震計は、その名の通り、記録できる周波数帯域が広いので、遠地大地震の波形も記録することができる。図7に、1994年にボリビア北部で発生した Mw 8.2 の深発地震の波形記録を示す。こうした遠地大地震の場合、地震波形に含まれる主要な周波数成分は低いが、地震による地球の振動自体は時として数日間にわたって続く。Quanterra 社のプロセッサは連続データバッファに 1 Hz と 0.1 Hz サンプリングのデータも蓄えているので、こうした遠地地震のデータも残す意味で、0.1 Hz サンプリングのデータを図8に示すアルゴリズムで、毎日午前6時に前日の1日分のデータをダイアルアップすることにした。図9は図7に示した地震の1日分の波形記録のスペクトルを示したもので、全ての観測点で地球自由振動による共振ピークがよく観測できる。

また、今回電子メール配送という形で、自動処理結果の公開に踏み切ったが、こうしたデータを研究所の外部のユーザに提供していくことは、地震予知計画に関わる国立研究所として当然果たすべき責務であると言えよう。従来、日本の場合、大学をはじめとする研究機関が収集・解析したデータの公開に関しては、様々な理由から、残念ながら余り進んでいないのが現状である。今回、一部とは言え、防災科研の最新のデータを、電子メールで（ほぼ無条件に）配送することにより、こうしたデータ公開の現状を打破することに役立つものと考えられる。計算機の国際ネットワークであるインターネットはここ数年で著しい進展を遂げている。特に最近になって始まった、インターネットの商用サービスは、接続される組織の数を飛躍的に増大させている。今後は今回開始した地震情報の電子メール配送だけでなく、地震の検測値や波形データ等についても、例えば anonymous ftp や WWW サーバのように、インターネットを利用した形で提供できるような体制を検討すべき時期にさしかかっていると言える。

謝 辞

本システムの構築に当たり、地圏地球科学技術研究部福山英一主任研究官から、UNIX のユーティリティ等に関して多くの示唆を頂いた。ここに記して謝意を表する。また、地震前兆解析システムからワークステーション側に自動処理結果を転送するプロセスと、ワークステーション側でメールを送信するプロセスの大部分は富士通株式会社の製作によっている。

参考文献

- 1) Dziewonski, A.M., T. -A. Chou and J. H. Woodhouse (1981): Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity, *J. Geophys. Res.*, **86**, 2825~2852.
- 2) 堀 貞喜(1990): 防災科学技術研究所における広帯域地震観測, 防災科学技術研究所研究報告, No. 46, 29~44.

- 3) 堀 貞喜・松村正三 (1988): 地震前兆解析システムにおける自動震源決定, 国立防災科学技術センター研究報告, No. 41, 89~100.
- 4) Hori, S. (1993): Local network observation of the earth's free oscillations: apparent centroid of the 1989 Macquarie ridge earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 395~398.
- 5) Ishida, M., and M. Kikuchi (1992): A possible foreshock of future large earthquake near Odawara, Central Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 1695~1698.
- 6) Kato, M., K. Hirahara (1992): Anomalous propagation of Rayleigh waves along Izu-Mariana trench, *Geophys. Res. Lett.*, **19**, 2333~2336.
- 7) Kuge, K. (1994): Rapid rupture and complex faulting of May 12, 1990, Sakhalin deep earthquake: analysis of regional and teleseismic broadband data, *J. Geophys. Res.*, **99**, 2671~2685.
- 8) 松村正三・岡田義光・井元政二郎・島田誠一・堀 貞喜・大久保正・大竹政和・浜田和郎 (1988): 地震前兆解析システムの機能と構成, 国立防災科学技術センター研究報告, No. 41, 35~44.
- 9) 松村正三・堀 貞喜 (1992): 「地震前兆解析システム」による地震データ自動処理の能力, 地震 2, **45**, 291~304.
- 10) 岡田義光・石田瑞穂 (1993): 中伊豆における STS 地震観測—観測方式および傾斜計との比較—, 防災科学技術研究所研究報告, No. 51, 1~22.
- 11) Roullet, G. and B. Romanowicz (1984): Very long-period data from the GEOSCOPE network: preliminary results on great circle averages of fundamental and higher Rayleigh and Love modes, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **74**, 2221~2243.
- 12) Tada, T., K. Shimazaki, and S. Tsuboi (1993): Analysis of short-period P waves from the 1989 Macquarie ridge earthquake using a broadband array in Japan, *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 269~272.
- 13) 鷹野 澄・武尾 実・高橋正義・阿部勝征 (1989): 広帯域地震計データの遠隔収集システム, 地震学会講演予稿集, No. 2, 254.
- 14) Wielandt, E. and G. Streckeisen (1982): The leaf-spring seismometer: design and performance, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **72**, 2349~2367.
- 15) 山田切夫・深尾良夫・石原 靖・青木治三 (1989): STS 地震計による広帯域・広ダイナミックレンジ地震観測, 地震 2, **42**, 21~31.

(原稿受理: 1994 年 7 月 28 日)